Aus der Chirurgischen Abteilung(Leiter:Prof.Dr.med.H.Mathis)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof.Dr.med.Dr.med.dent.E.HARNDT

EINE KRITISCHE STELLUNGNAHME ZUR RÖNTGEN-DIAGNOSTIK DES LIMBUS ALVEOLARIS

INAUGURAL - DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans-Jürgen Nottelmann
aus Köln

1965

Aus der Chirurgischen Abteilung (Leiter: Prof.Dr.med.H.Mathis)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof.Dr.med.Dr.med.dent.E.HARNDT

EINE KRITISCHE STELLUNGNAHME ZUR RÖNTGEN-DIAGNOSTIK DES LIMBUS ALVEOLARIS

INAUGURAL - DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

R.UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

vorgelegt von
Hans-Jürgen Nottelmann
aus Köln

. . . . . .

Dekan: Professor Dr. med. Adalbert Loeschke

Referent: Professor Dr. med. Hermann Mathis

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Hielscher

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 26. 5. 65

Meiner lieben Mutter gewidmet.

I N H A L T

EINLEITUNG 1

I. ALLGEMEINER TEIL 2

1. Pathologisch-anatomische und röntgendiagnostische Vorbemerkungen 2

2. Systematik der Abbauprozesse im Limbal- und Interdentalbereich 6

a) Interpretation nach WESKI 6

b) Interpretation nach FRÖHLICH 9

c) Interpretation nach HIELSCHER 11

3. Vor- und Nachteile der röntgenologischen Aufnahmemethoden für die Interpretation der limbalen Region 14

4. Grenzen und Möglichkeiten in der röntgenologischen Darstellbarkeit der limbalen Region 19

II. SPEZIELLER TEIL 23

1. Der Überstrahlungseffekt an der Margo alveolaris 23

2. Vorgehen bei den röntgenologischen Untersuchungen 26

3. Versuchsreihen zur genauen röntgenologischen Darstellung des Limbus alveolaris .. 28

a) Frontzahnbereich im Oberkiefer 28

b) Frontzahnbereich im Unterkiefer 30

c) Prämolarenbereich im Oberkiefer 33

d) Prämolarenbereich im Unterkiefer 35

e) Molarenbereich im Unterkiefer 37

f) Molarenbereich im Oberkiefer 40

4. Belichtungstechnische Empfehlungen 44

III. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 47

IV. ZUSAMMENFASSUNG 51

V. LITERATURVERZEICHNIS 53

EINLEITUNG

Bei der Diagnose und Therapie der marginalen Parodontopathien muß sehr häufig das Röntgenbild herangezogen werden. Leider wird das Untersuchungsobjekt - der Limbus alveolaris - auf den meisten Aufnahmen immer wieder unzureichend dargestellt.

Die projektivischen Verhältnisse und die Belichtungszeit sind für die Bildqualität in dieser Region vor allem maßgebend.
Das Ziel der nachfolgend durchgeführten Untersuchungen läuft deswegen zu allererst darauf hinaus, die optimalen Aufnahmebedingungen herauszufinden. Sie werden sich bei der Projektionssituation hauptsächlich auf die Filmaufstellung beziehen. Dabei wird es darauf ankommen, die Vor- und Nachteile schräger und paralleler Film-Objektlagen zu untersuchen und schließlich Richtwerte für optimale Projektionsbedingungen aufzustellen.
Im Speziellen Teil sollen für die einzelnen Zahngruppen abschnittsweise die besten Schwärzungsgrade ermittelt werden, um für die Klinik und Praxis belichtungstechnische Empfehlungen für die Röntgendiagnostik des Limbus-Bereiches abzuleiten.

I. ALLGEMEINER TEIL.

1. Pathologisch-anatomische und röntgendiagnostische Vorbemerkungen.

"Das Paradentium stellt die direkte Angriffsfläche der vom Zahn ausgehenden mechanischen Funktionsreize dar."

WESKI (53), der diese Definition für den von ihm geprägten Begriff "PARADENTIUM" abgab, wollte damit die "physiologische Einheit" der paradentalen Gewebsabschnitte von Zahnfleisch, Periodontium und Alveolarfortsatz herausstellen. WESKI (55) lenkte im Hinblick auf die Diagnose der sog. Alveolarpyorrhoe das Augenmerk schon 1914 auf die genaue röntgenologische Untersuchung des parodontalen Knochens. Er hielt es für geboten, "die Alveolarpyorrhoe aus ihrer isolierten Stellung gegenüber anderen marginalen Entzündungen herauszuheben und sie als Einzelform in ein System verwandter Krankheiten einzuordnen, und zwar nach röntgenologischen Gesichtspunkten." ')

Als charakteristisches Symptom aller chronischen marginalen Erkrankungen sah WESKI (55) die röntgenologisch nachweisbare "Knochenatrophie" an, bei der er zwischen

HORIZONTALATROPHIE und

VERTIKALATROPHIE

unterschied.

Unter Horizontalatrophie verstand er "einen Schwund des Knochens, welcher parallel zu dem normalen Ansatz des Alveolarknochens an den Zahnkörper nach der Tiefe zu erfolgt."

Vertikalatrophie nannte er "die Art der Knochenatrophie, welche vom Alveolarrand aus parallel zum Zahn in die Tie-

') Im Original nicht unterstrichen.

fe des Alveolarfortsatzes sich ausbreitet." (55)
Er zeigte, daß die beiden Abbauformen klinisch-diagnostisch und vor allem auch prognostisch zu unterscheiden sind und daß es zwischen "der horizontalen und der vertikalen Atrophie" Übergangsformen gibt, indem es etwa bei der "vertikalen Atrophie durch Sistierung der in die Tiefe vordringenden Schädlichkeiten zur Ausbreitung des Prozesses in horizontaler Richtung und zu einer ausgleichenden Abflachung im Sinne der Horizontalatrophie kommen" kann. (55)

Die Bezeichnungen "Horizontalatrophie" und "Vertikalatrophie" sind im zahnärztlichen Schrifttum weit verbreitet. Atrophie bedeutet die Volumenabnahme eines Organes oder von Zellen bei Erhaltensein der Struktur und des Aufbaues. Da es aber nicht möglich ist, aus dem Röntgenbild Aussagen im Sinne der eben gegebenen Definition zu machen, sollte man diese Termini vermeiden. Sie sind sonst nämlich geeignet, die im Röntgenbild gegebenen und teilweise sehr begrenzten diagnostischen Möglichkeiten falsch einzuschätzen. PORDES (43), der die Parodontopathien nach dem Ausmaß der Zerstörung des limbalen Alveolarknochens unterteilt, sagt bewußt nichts über die Atiologie und den Verlauf der Erkrankung aus, wenn er folgendermaßen gliedert:

"1. Minimale Arrosion des Limbus alveolaris. (Betrifft das erste Drittel der Wurzellänge.)

2. Mittelgradige Destruktion, wobei der zerstörte und der erhaltene Bruchteil der Alveole schätzungsweise angegeben werden kann. Der krankhafte Prozeß erstreckt sich dann bis auf das zweite Drittel der Wurzellänge, während ein Drittel noch gesund ist.

3. Hochgradige Destruktion der Alveolen. Zerstörung von mehr als zwei Drittel der Alveole, bis zur gänzlichen Destruktion und Ausstoßung des Zahnes."

KANTOROWICZ kritisierte als erster die WESKI'sche Unterteilung in "Horizontalatrophie" und "Vertikalatrophie",

da sie mißverständlich seien. Er schlug vor, sie durch die deutschen Bezeichnungen H ö h e n s c h w u n d und S e i t e n s c h w u n d zu ersetzen. (29) In jüngerer Zeit traten vor allem HARNDT (16) und später FRÖHLICH (9) für eine sinnvollere röntgenologische Nomenklatur ein.

Fröhlich verwirft die von WESKI eingeführten Bezeichnungen "Horizontalatrophie" und "Vertikalatrophie" und begründet seine Einwände folgendermaßen:

1. Der Abbau am marginalen Parodont kann sowohl von einer rarefizierenden Ostitis, als auch von einer Atrophie verursacht sein.

2. Manche Autoren (HÄUPL, LANG (17)) nehmen an, daß es einen Schwund im Sinne einer Atrophie des marginalen Parodontiums überhaupt nicht gibt.

3. Von der sog. Vertikalatrophie kann mit Bestimmtheit gesagt werden, daß stets eine rarefizierende Ostitis und nie eine Atrophie vorliegt.

Die obengenannten Autoren schlagen die Termini

HÖHENABBAU und

SEITENABBAU vor.

HIELSCHER (34) findet diese Bezeichnungen auch zutreffender und sagt:

"Dem Wesen der röntgenologischen Untersuchungsverfahren entsprechend, das darin besteht, daß auf Grund der eingetretenen Schattenintensitätsabstufungen infolge der abgeänderten Absorptionsverhältnisse diagnostiziert wird, sind wir nicht imstande, aus der Abzeichnung Rückschlüsse auf den Charakter des Geschehens zu ziehen.
Die noch immer gebrauchten Bezeichnungen: Horizontal- und Vertikalatrophie widersprechen mithin der logischen Denkungsweise und sollten daher grundsätzlich vermieden werden. Hingegen wird bei den Angaben "Höhen- und Seitenab-

bau"ausschließlich auf die i m R ö n t g e n b i l d v o r g e f u n d e n e A b z e i c h n u n g Bezug genommen." ')

') Im Original nicht unterstrichen.

2. Systematik der Abbauprozesse im Limbal- und Interdentalbereich.

a) Interpretation nach WESKI.

Unter Benutzung des von ihm eingeführten Wortes "Paradentium" bezeichnet WESKI (53) "alle durch Atrophie der Weichteil- und Knochenumgebung des nicht erkrankten Zahnkörpers gekennzeichneten Krankheitszustände" als "marginale Paradentosen".
Der Autor wollte den Terminus Alveolarpyorrhoe aus dem zahnärztlichen Sprachschatz entfernt wissen, um die Aufmerksamkeit der Zahnärzte von dem Symptom der Eiterung abzulenken, das er im Hinblick auf die Pathogenese der Erkrankung für zu nebensächlich hielt.
Als ein charakteristisches Zeichen der chronisch-marginalen Erkrankungen des Alveolarfortsatzes betrachtete WESKI (55) die röntgenologisch nachweisbare "Knochenatrophie". Sie wird zur Grundlage seiner Klassifikation der "Paradentosen".
Wenn auch der Begriff "Atrophie" auf Grund der vorangestellten Darlegungen in diesem Zusammenhang unzutreffend ist, so soll in der folgenden röntgenologischen Systematik der Paradentosen nach WESKI (55) diese Bezeichnung zunächst noch beibehalten werden.
WESKI unterscheidet klinisch-röntgenologisch folgende Haupttypen und Untergruppen:

I. Atrophia paradentii marginalis totalis.

II. Atrophia paradentii marginalis partialis.

1. Ohne Taschenvertiefung mit Horizontalatrophie des Knochens.

2. Mit Taschenvertiefung:

a) supraalveoläre Tasche bei Horizontalatrophie

) mit Gingivitis ulcerosa interna
- pyorrhoeische Form

) ohne Gingivitis ulcerosa interna
- nicht pyorrhoeische Form

b) intraalveoläre Tasche bei Vertikalatrophie

) mit Gingivitis ulcerosa interna
- pyorrhoeische Form

) ohne Gingivitis ulcerosa interna
- nicht pyorrhoeische Form

Zu I:

WESKI (55) bezeichnet diese Form als "totale Atrophie", "weil sowohl paradentale Weichteile als auch der Knochen gleichmäßig geschwunden sind." Diese Form des Abbaues tritt meist zirkulär auf.

Zu II:

Demgegenüber ist die Atrophia paradentii marginalis partialis "durch einen ungleichmäßigen Schwund von paradentalen Weichteilen einerseits und Knochen andererseits" charakterisiert, "so daß das bei der totalen Atrophie gewahrte normale topographische Verhältnis beider Gewebsbestandteile grundlegend verschoben wird."

Zur Unterteilung dieser pathologischen Abbauformen zieht WESKI (55) die Sondierung der Taschen unter röntgenologischer Kontrolle hinzu. Er benutzt zu diesem Zweck röntgenpositive Guttaperchastifte, - eine Methode, die auch gegenwärtig nachdrücklich empfohlen werden kann. "Zunächst wird der Guttaperchastift in die Tasche eingeführt, so weit es geht, am freien Zahnfleischrand mit der gebogenen feinen Pinzette erfaßt und herausgezogen, sodaß man die Taschentiefe mit einem Millimetermaß feststellen kann. Für die röntgenologische Darstellung wird er zum zweiten Male eingeführt, auf Zahnfleischhöhe mit einem erwärten Instrument scharf abgeschnitten - er darf nicht aus der Tasche heraussehen - nun die Aufnahme gemacht."

Auf diese Weise können graduelle Unterschiede hinsichtlich der Tiefe der Zahnfleischtaschen und Knochennischen klinisch und röntgenologisch ermittelt werden.

Zu II 1:

Eine "Horizontalatrophie des Knochens ohne Taschenvertiefung", wie die erste Unterform benannt ist, hat WESKI (55) bei seinem umfangreichen Untersuchungsmaterial selbst nicht angetroffen.

Zu II 2:

Die zweite Unterform "mit Taschenvertiefung" wird unterteilt in die - schon in den Vorbemerkungen dieser Arbeit kritisierten - Bezeichnungen

2 a) Horizontalatrophie und

2 b) Vertikalatrophie

Während der Zahnfleischsaum in beiden Fällen auf normaler Höhe liegen kann, ist das Periodontium aufgelöst und der Epithelansatz bei der "Horizontalatrophie" in die Tiefe, bei der "Vertikalatrophie" sogar unter das Knochenniveau gerückt. So ergibt sich nach WESKI (55) die Zahnfleisch-Knochennische.
Der Autor unterteilt beide Unterformen noch klinisch in eine "pyorrhoeische" und eine "nicht pyorrhoeische" Form.

b) Interpretation nach FRÖHLICH.

FRÖHLICH (9) unterscheidet zwei Grundformen des marginalen Knochenabbaues, den

HÖHENABBAU und den

SEITENABBAU.

"Beim HÖHENABBAU ') verschiebt sich der Limbus alveolaris apikalwärts in Ebenen, die rechtwinkelig zur Zahnachse verlaufen. Der Alveolarrand verliert also seine normale Höhe."

"Beim Seitenabbau bildet der Limbus alveolaris einen spitzen Winkel zur Zahnachse. Dabei kommt es zu einer trichterförmigen Erweiterung des marginalen Periodontalspaltes."

Die erstgenannte Abbauform unterteilt FRÖHLICH (9) in einen reinen Höhenabbau und einen stufenförmigen Höhenabbau.

"Beim reinen Höhenabbau ') verläuft der Limbus alveolaris nicht mehr wie ursprünglich parallel zur Schmelzzementgrenze, sondern er liegt zirkulär um den Zahn, also oral und vestibulär auf gleicher Höhe wie interdental."

Es wird daher zunächst die Spitze des Interdentalseptums abgebaut, bis der parodontale Knochen rings um den Zahn das gleiche Niveau hat. Im Röntgendbild ist daher das Anfangsstadium des Höhenabbaues daran zu erkennen, daß die Spitze des Interdentalseptums fehlt.

Bei der Beschreibung des Höhenabbaues muß man nach seiner Meinung das Ausmaß des verlorengegangenen parodontalen Knochens schildern, indem man (ähnlich wie PORDES (43) s.S.3) einen Vergleich mit der anatomischen Wurzellänge heranzieht.

"Sinkt der Rand des Limbus alveolaris nicht zirkulär um den Zahn auf die gleiche Höhe und bleibt er oral höher als vestibulär oder umgekehrt, so liegt ein stufenförmiger Abbau ') vor."

Die zweite Grundform marginaler Abbauprozesse stellt der Seitenabbau dar.

"Bei der typischen Form handelt es sich um keilförmige, zum Apex zu gerichtete Defekte am marginalen Parodontium. Der Fundus der Tasche liegt beim Seitenabbau unter dem Niveau des Limbus alveolaris."

Ein solcher Defekt, häufig als Knochentasche bezeichnet, befindet sich vielfach nur auf einer Seite des Zahnes. Er kann, wenn er nicht im Interdentalbereich liegt, durch den Schatten des Zahnes auf dem Röntgenbild verdeckt werden. FRÖHLICH (9) empfiehlt daher die Guttaperchastiftmessung der Taschen unter röntgenologischer Kontrolle nach WESKI (55).
Durch diese Untersuchungsmethode bekommt man auch Aufschluß über die Lagebeziehung sogenannter unterminierender Kavernen. FRÖHLICH (9) betrachtet sie als atypische, seltener vorkommende Formen des Seitenabbaues, die entweder neben dem Zahn als parodontale oder in der Wurzelspitzengegend als sogenannte Funduskavernen vorkommen.

Im Rahmen der Systematik der Abbauprozesse bei Parodontopathien nach röntgenologischen Gesichtspunkten beschreibt FRÖHLICH (9) noch die Darstellung der profunden Parodontitis (nach HAUPL (17)), die in der anglo-amerikanischen Literatur als Periodontose bezeichnet wird. Die parodontale Insuffizienz zeigt sich im Röntgenbild durch einen verbreiterten und cribrosierten Periodontalspalt, durch das Fehlen der Alveoleninnenkortikalis und vor allem durch eine diffuse röntgenstrahlendurchlässige Zone im Bereich des geschädigten parodontalen Knochens.

') Im Original nicht unterstrichen.

c) Interpretation nach HIELSCHER

Bei der Interpretation von Röntgenbildern geht HIELSCHER von der Überlegung aus, daß lediglich die Bild-"Tatsachen" zu deuten seien, daß also nicht "Geschehensabläufe, sondern das Abgreifbare auf dem Röntgenbild maßgebend ist." (35)
Wenn HIELSCHER (34) für die Bezeichnung der Abbauvorgänge am marginalen Parodontium die röntgenologischen Termini Höhenabbau und Seitenabbau angewandt wissen will, so ist es in seinem Sinne, daß diese Kennzeichnung "sich nicht auf die Abbau r i c h t u n g bezieht, sondern nur die Situation auf dem Röntgenbild meint."

Um pathologische Abänderungen am marginalen Parodontium festzustellen und diese in ein System zu ordnen, muß die "typische" Abzeichnung zur Bezugsgröße erhoben werden.
Für die Höhenabbauprozesse wäre das die vestibulär und oral zu konstatierende Limbuslinie (bei einem normalhohen Alveolenrand) unterhalb der Zahnkronen, sowie die sich anschließenden Septumlinien.

Unter Limbus alveolaris ist der dem Zahn zugewendete freie Rand der Alveolenwand zu verstehen.
Es ist zu unterscheiden zwischen einem

vestibulären,

oralen und

seitlichen Limbus alveolaris.

Der seitliche Limbus alveolaris ist ein Teil des abgebildeten Interdentalseptums, an dem sich ebenso eine vestibuläre und eine orale Septumlinie markiert.
Für die Seitenabbauprozesse muß der intakte Periodontalraum als Bezugsgröße angesehen werden.
Das Periodontium wird im Röntgenbild nicht dargestellt. Sichtbar ist der Periodontalspalt als eine Transparenzlinie, die auf der einen Seite durch die Schattenverdichtung der Zahnhartsubstanz, andererseits durch die

Verdichtungslinie der Alveoleninnenkortikalis begrenzt ist.

Unter Höhenabbau sind alle Abbauprozesse am marginalen Parodontium in der Richtung zum Zahnapex gemeint.

Unter Seitenabbau sind Abänderungen am marginalen Parodontium zu verstehen, die in einer senkrecht zur Zahnachse in der Richtung der Zahnachsenebene aufgetretenen Ausbreitung vorliegen.

Ein gleichförmiger Höhenabbau liegt vor, wenn entweder die vestibulären und oralen Limben gleichmäßig abgewandert sind oder die vestibulären und oralen Septumgrenzzeichnungen der Septumkuppe gleichmäßig zum Apex verschoben sind.

Ein gleichmäßiger Seitenabbau liegt vor, wenn die seitliche Septumbegrenzung gleichmäßig vom Zahn entfernt zur Darstellung gelangt.

Ist nur der vestibuläre oder nur der orale Anteil abgebaut, so handelt es sich um einen stufenförmigen Höhen- oder Seitenabbau. (Vestibuläre bzw. orale "Stufe")

Sind beide Anteile unterschiedlich weit abgebaut, dann ist von einem treppenförmigen Abbau zu sprechen; ist dabei der vestibuläre (bzw. orale) Teil stärker abgebaut, so liegt eine vestibuläre (bzw. orale) "Treppe" vor.

Dies gilt für den Höhenabbau wie für den Seitenabbau gleichermaßen!

Die folgende Skizze (HIELSCHER (24)) veranschaulicht die behandelte Systematik:

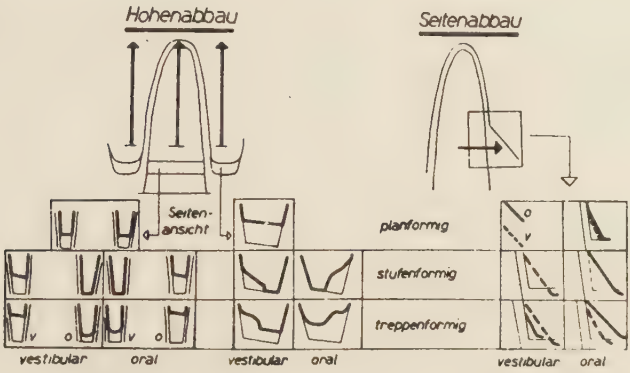


Abb.1 Systematik der Abbauprozesse.

3. Vor- und Nachteile der röntgenologischen Aufnahmemethoden für die Interpretation der limbalen Region.

Bei der Herstellung intraoraler Zahnaufnahmen ist die Einstellung des Röntgenzentralstrahles auf die Objekt- und Filmebene von entscheidender Bedeutung.
Es liegen ideale Projektionsverhältnisse vor, wenn

1. der Zentralstrahl mit der Gegenstandsebene (Zahn) und mit der Projektionsebene (Film) einen Winkel von 90° bildet,
2. der Objekt-Filmabstand möglichst klein ist und
3. der Fokus-Objektabstand groß ist.

Im Mundbereich sind jedoch die anatomischen Gegebenheiten so ungünstig, daß diese Forderungen insgesamt nicht zu erreichen sind.
Alle Aufnahmemethoden müssen daher Kompromißlösungen darstellen.
Für die obengenannte Fragestellung kommen vor allem zwei Methoden in Betracht:

I. Die Halbwinkeleinstellung

II. Die sog. Parallelaufnahmeverfahren.

Für beide Methoden sind die Begriffe v e r t i k a l e und h o r i z o n t a l e Einstellung verbindlich.
Der Zentralstrahl bildet mit der Horizontalen bei den Aufnahmen verschiedener Zähne einen bestimmten vertikalen Winkel.
Durch Drehung des Röntgentubus um die Zahnachse in der Horizontalen werden drei Einstellungen erreicht:

1. orthoradiale Einstellung
2. mesial-exzentrische Einstellung
3. distal-exzentrische Einstellung

I. Die Halbwinkeleinstellung

a) Apikale Projektion (nach CIESZYNSKI (3))
Prinzip:

Der orthoradial gerichtete Zentralstrahl verläuft durch den Zahnapex und trifft im Winkel von 90° auf die Winkelhalbierende des aus Zahnachse und Filmebene gebildeten Winkels.

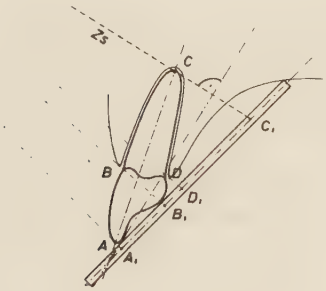


Abb.2 Projektionssituation bei der apikalen Einstellung am Beispiel der oberen mittleren Schneidezähne

$AC \cong A'C'$
$AB > A'B'$
$BC < B'C'$

Die Abb.2 verdeutlicht einige Vor- und Nachteile der Methode.
Die geringe Objekt-Filmdistanz im Kronenbereich ist für die Bildschärfe ein grundsätzlicher Vorteil.
Wenn die Punkte A und A' dicht beieinander liegen, ist eine annähernd längengleiche Objektdarstellung gewährleistet. Das ist aber nur bei den Frontzähnen der Fall.

Nachteilig ist vor allem, daß bei der abgebildeten Filmlage und Strahlenführung die Lagebeziehungen des Alveolarknochens zum Zahn falsch wiedergegeben werden.
Die vestibulären Abschnitte wandern mehr in der Strahlenrichtung als die oral gelegenen. Der Betrachter des Röntgenbildes erhält daher den Eindruck, daß der vestibuläre Knochen mehr kronenwärts reicht. So kann unter Umständen eine orale Stufe vorgetäuscht werden.
Zum andern werden die inzisal gelegenen Partien kürzer

dargestellt als die gleichlangen mehr apikal gelegenen Zahnabschnitte.
Das Zahnfach der einwurzeligen Schneidezähne wird mithin auf Kosten der Kronenanteile übermäßig verlängert dargestellt.
Bei den Molaren werden die bukkalen Wurzeln entsprechend verkürzt. Die Kronen sind stark verlängert abgezeichnet.

b) Limbale Projektion

Bei der limbalen Projektion wird der Zentralstrahl nicht auf den Apex, sondern auf den Limbus alveolaris gerichtet.

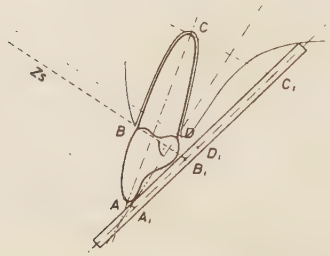


Abb.3 Projektionssutiation bei der limbalen Einstellung am Beispiel der oberen mittleren Schneidezähne.

AC < A'C'

Die Strahlenführung wählt man bei dieser Einstellung flacher. Von diesen Tatsachen lassen sich die Mängel und Vorteile ableiten, die dieser Methode aneignen:

1. Die Objektabbildung ist weder längen- noch größengleich.
2. Die Wurzelspitzen sind vielfach "wegprojiziert".
3. Die Objekt-Filmdistanz ist wenigstens im Frontzahnbereich optimal kurz gehalten.
4. Der orale und der vestibuläre Limbus rücken nicht so stark auseinander wie bei der vorher genannten apikalen Projektion.

Die Abzeichnung des Knochensaumes ist bei der limbalen Projektion schon eher der Wirklichkeit entsprechend, je-

doch noch nicht zufriedenstellend.

II. Die sog. Parallelaufnahmeverfahren.

Das Prinzip aller Röntgenparallelaufnahmeverfahren liegt in dem Bestreben, die "Zentralprojektion mit parallelen Ebenen" zu erreichen. Als Voraussetzung muß man die gegebene Divergenz des Nutzstrahlenbündels bei allen herkömmlichen Röntgenapparaten ansehen.
Schon die Aufrichtung des Filmes durch eine hinter die Zahnkronen oberer Molaren gelegte Watterolle (nach LEMASTER (31)) zeigt das Bestreben, Zahnachse und Filmebene möglichst parallel zu führen.
Von den in der Literatur zahlreich beschriebenen Versuchen und praktisch erprobten Methoden zur Erreichung dieses Zieles sei beispielhaft die

Rechtwinkeltechnik (nach HIELSCHER (22))

beschrieben, welche noch weitere röntgentechnische Vorzüge in sich vereint.
Der am Röntgentubus befestigte Haltestab gewährleistet folgende Gegebenheiten:

1. Der Röntgenzentralstrahl fällt im rechten Winkel auf die Filmebene.
2. Der Röntgenfilm kann (fast immer) rechtwinklig zur Zahnachsenebene aufgestellt werden.
3. Eine "gezielte Zahnaufnahme" ist möglich.

Allerdings bringt die Anwendung der Rechtwinkeltechnik generell zwei Nachteile mit sich:

1. Bei einem flachen Gaumen können die apikalen Zahnbereiche gelegentlich nicht ausgebildet werden.
2. Infolge der vergrößerten Fokus-Objekt- und Objekt-Filmabstände müssen die Belichtungszeiten heraufgesetzt werden.

Für die röntgenologische Abbildung des Zahnhalsbereiches ist Punkt 1 meist nebensächlich; während die Anwendung lichtempfindlicherer Filme (z.B. Super-Dozahn) den zuletzt genannten Nachteil weitgehend ausgleicht.

Die Vorzüge, die die Rechtwinkeltechnik bei der Darstellung des Limbus alveolaris aufweist, verdeutlicht die Abb. 4. Wird der Röntgenzentralstrahl auf den Zahnhalsbereich gerichtet, so liegen für die Darstellung dieses Abschnittes optimale Projektionsbedingungen vor, da

1. der vestibuläre (B) und der orale Limbus (D) auf dem Röntgenbild zusammenfallen und
2. die Beziehungen beider Linien zueinander und auch zur Zahnwurzel klar aus der Röntgenaufnahme hervorgehen.

Rückschlüsse auf einen partiellen oder totalen Knochenabbau am marginalen Parodontium können nur aus solcherart hergestellten Aufnahmen mit einiger Sicherheit gezogen werden.

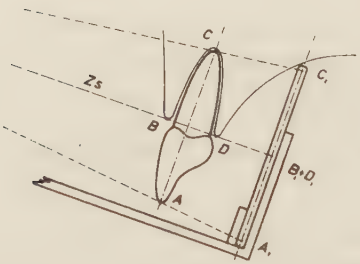


Abb.4 Projektionssituation bei der Rechtwinkeltechnik am Beispiel der oberen mittleren Schneidezähne.

Limbale Führung des Zentralstrahles!

4. Grenzen und Möglichkeiten in der röntgenologischen Darstellbarkeit der limbalen Region.

Auch bei optimalen Projektionsverhältnissen stehen der objektiven röntgenologischen Darstellung des limbalen Alveolarknochens manche Hindernisse im Wege. Diese liegen einerseits im Wesen des Röntgenverfahrens und andererseits in der Beschaffenheit der darzustellenden Knochenbezirke selbst.

Die Divergenz der Röntgenstrahlen bestimmt gewisse Grenzen und Möglichkeiten bei der Entstehung des Röntgenbildes und seiner Ausdeutung.

Gleichgroße vestibulär und oral gelegene Limbusanteile werden in unterschiedlicher Größe auf dem Röntgenbild überlagert dargestellt; und zwar werden die vestibulären Abschnitte "etwas größer" und "weniger scharf" erscheinen als die entsprechenden oralen.

Das bedeutet:

1. eine unvermeidbare geringfügige Ungenauigkeit der Wiedergabe der realen Größenverhältnisse,
2. eine willkommene Orientierungsmöglichkeit über die verschiedenen Objektanteile im Röntgenbild.

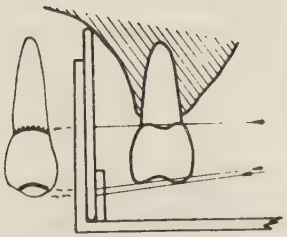


Abb.5 Schematische Darstellung der Abbildung gleichgroßer vest. und or. Objektdetails bei divergierendem Röntgenstrahlenbündel.

Die stark ausgezogenen Linien markieren die Wiedergabe oraler Objektanteile.

Folgende Aussagen sind möglich:

1. Die deutlich schärfere und in bezug auf die Wurzelspitze konvexe Abzeichnung entspricht dem oralen Kronenrand.

2. Die schwächere, mehr inzisal gelegene Zahnzeichnung entspricht dem vestibulären Kronenrand. (Abzeichnung in bezug auf die Wurzelspitze konkav.)

3. Bei gleichhohem vestibulären und oralen Limbus werden sich die Linien im Röntgenbild decken. (In Abb.5 verdeutlicht durch die punktierte Linie am Zahnhals.) Bei unterschiedlicher Höhe wird wiederum die orale Abzeichnungslinie gegenüber der vestibulären deutlicher markiert sein (- wenn sie überhaupt erkennbar ist).

Es ist also bei klinischer Beurteilung einer Zahnkrone (z.B. Vergleich des Niveauunterschiedes der bukkalen und oralen Prämolarenhöcker) möglich, Rückschlüsse auf die angewandte Strahlenführung zu ziehen.
Umgekehrt kann bei exakt angewandter limbaler Zentralstrahlführung (und RWT) ein eventuell vorliegender Niveauunterschied des oralen und vestibulären Limbus aus dem Röntgenbild diagnostiziert werden.

Daß oft erhebliche Differenzen zwischen einem Röntgenbild und dem tatsächlichen anatomischen Befund anzutreffen sind, haben FRÖHLICH (11) und HARNDT (13) an Hand von Röntgenuntersuchungen an mazerierten Kieferknochen zeigen können. Der orale und vestibuläre Limbusanteil geht in der intensiven Zahnzeichnung (vor allem im Seitenzahnbereich) vielfach unter oder erscheint an topographisch falscher Stelle. Ein Beispiel solch einer Täuschungsmöglichkeit beschreibt FRÖHLICH (11):

Der Höhenabbau in Form einer oralen Stufe, den die Abb.6 für einen speziellen Fall im Prämolarenbereich zeigt, kommt hier aus folgenden Gründen nicht zur Darstellung:

Der vestibuläre Limbus (bei a) gibt noch keinen genügenden Röntgenkontrast.

Der orale Limbus (bei c) ist hier wegen Überlagerung der Zahn- und Knochenpartien nicht mehr markiert.
Die auf dem Röntgenbild sichtbare Markierungslinie

(bei b) entspricht nicht der Alveolarbegrenzung.

Abb.6 Täuschungsmöglichkeit:
Auf dem Röntgenbild nicht sichtbar:
a vestibulärer Limbus
c oraler Limbus
Auf dem Röntgenbild sichtbar:
b Verdichtungslinie (sog."röntg.Limbus")

Auch der Seitenabbau kann sich der röntgenologischen Abzeichnung entziehen.

Die mehr oder minder tiefen tütenförmigen Einbrüche in das Parodontium stellen Zonen geringerer Dichte - gleichsam Hohlräume - dar. Die Begrenzung der Hohlräume im Röntgenbild ist u.a. von der Ausdehnung der im Strahlengang gelegenen Abzeichnungsflächen abhängig. Je länger Röntgenstrahlen orthograd zu den Abzeichnungsflächen der Hohlraumwände verlaufen, desto intensiver ist die Schattenverdichtungslinie. Daher zeigt sich der Seitenabbau im Interdentalbereich besonders deutlich, denn hier besteht kaum Überlagerungsschatten der kompakten Zahnwurzeln.

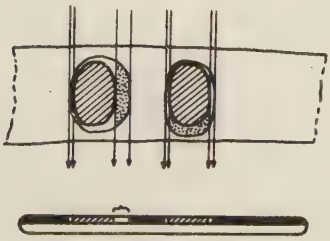


Abb.7 Schematische Darstellung der Abzeichnung des Seitenabbaus
links: im seitl.Zahnbereich
rechts: oral im Zahnschatten

Um Knochenabbau im Alveolenbereich auch dann darzustellen, wenn der Seitenabbau entweder durch die Schattenverdichtungen überlagernder Zahnwurzeln oder auch durch besonders

kompakte Knochenanteile verdeckt wird (z.B. im Molarenbereich), empfiehlt HARNDT (13) immer wieder die von WESKI (55) vorgeschlagene Guttaperchastiftsondierung.

II. SPEZIELLER TEIL.

1. Der Überstrahlungseffekt an der Margo alveolaris.

PARMA (37) hat bereits 1929 das Zustandekommen des ZAHNHALSTRANSPARENTBANDES beschrieben.

Der interdentale Bereich am Zahnhals zwischen den Schattenverdichtungen der Zahnkrone und der Wurzel zeigt auf dem Röntgenbild einen meist deutlichen Überstrahlungseffekt. So wird eine Einziehung der cervikalen Wurzelpartien vorgetäuscht, die vielfach fälschlicherweise auf Karies schließen läßt. Außerdem kommt die interdentale Septumspitze oft nicht zur Darstellung. So können irrtümlicherweise Abbauprozesse aus dem Röntgenbild diagnostiziert werden.
Bei den normalen Röntgenaufnahmen sind die Belichtungszeiten auf die bestmögliche Darstellung der apikalen Bereiche abgestimmt; dabei werden die marginalen Knochenbezirke ziemlich regelmäßig überstrahlt.
Der Überstrahlungseffekt zeigt sich vor allem im Frontzahn- und Prämolarenbereich, da hier die Septumspitzen und Septumkuppen einen geringeren vestibulo-oralen Durchmesser haben als im Molarenbereich.

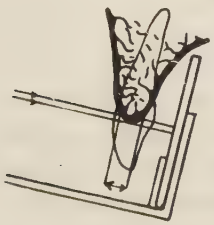


Abb.8 Querschnitt durch die Frontzahnpartie im Oberkiefer.

Kleiner vestibulo-oraler Septumdurchmesser.

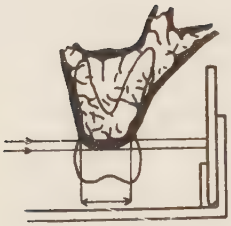


Abb.9 Querschnitt durch die Molarenpartie im Oberkiefer. Großer vestibulo-oraler Septumdurchmesser.

Die Abbildungen 8 und 9 zeigen den Querschnitt durch zwei verschiedene Kieferregionen mit unterschiedlich großem vestibulo-oralen Durchmesser der Kuppen der Interdentalsepten. Je mehr die Röntgenstrahlen entlang der Fläche der Interdental- (und Interradikular-) Kuppen verlaufen, desto genauer werden die realen Verhältnisse wiedergegeben.

Wenn die Dicke bzw. Dichte der Knochensepten in der Strahlenrichtung unter pathologischen Bedingungen geringer wird, so werden auch im distalen Kieferbereich die interdentalen Partien überstrahlt.
Die zarten Septumspitzen geben dann gegenüber den ausgesprochen transparenten Zahnzwischenräumen keinen sichtbaren Kontrast.

Hinzu kommt die Wirkung der Streustrahlung beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch ein dichtes Medium.
Zur röntgenologischen Abzeichnung dünner Partien in der Nachbarschaft dichter Medien sagen BUCHS und JUNG (2):
"Bei geringer Dichte oder Dicke des Gegenstandes ist der Kontrast primär gering. Unter dem Einfluß von Streustrahlung kann das an sich schon schlecht erkennbare Bild verschwinden."
Für die Schwärzungsintensität der Röntgenstrahlen ist der MAS - Wert verantwortlich.
Zur Herabsetzung der Schwärzungsgrade in den überstrahlten Partien muß dieses Produkt aus der Strahlungsinten-

sität und der Belichtungszeit verringert werden.
Bei festgesetzter Strahlungsintensität der gebräuchlichen Röntgenapparate heißt das:

Herabsetzen der Belichtungszeit!

Um gewisse Richtwerte für die herabgesetzten Belichtungszeiten aufzustellen, muß man die unterschiedliche Gestalt der interdentalen Septen in den einzelnen Kieferabschnitten berücksichtigen.
Die Abzeichnungsflächen der Interdentalsepten im Röntgenbild nehmen vom Frontzahn- zum Seitenzahnbereich zu. In gleichem Maße werden auch die herabgesetzten Belichtungsdaten für die darzustellenden Knochenpartien zu ändern sein.

2. Vorgehen bei den röntgenologischen Untersuchungen.

Zur röntgenologischen Darstellung von Abbauprozessen am Limbus alveolaris ist nach den vorangegangenen Überlegungen die Verkürzung der üblichen Belichtungszeiten in diesen Partien nötig.
Der Vorteil geringerer Schwärzungsgrade soll an Hand von Röntgenvergleichsbildern demonstriert werden.
Daher wurden von jeder Zahnpartie des Ober- und Unterkiefers je drei Röntgenbilder mit unterschiedlichen Belichtungsdaten angefertigt: ein normal belichtetes und zwei verschieden unterbelichtete Bilder.

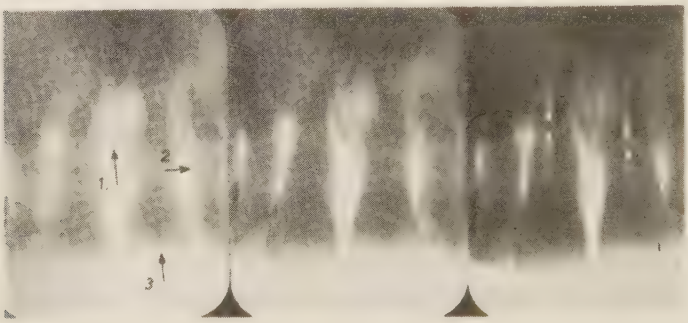
Bei der Darstellung des marginalen Parodontiums haben sich die sogenannten Parallelaufnahmemethoden als zweckmäßig erwiesen. Die nachfolgenden Bilder dieser Arbeit wurden größtenteils nach der Rechtwinkelmethode hergestellt.
Nur im unteren Weisheitszahnbereich wurde nach der althergebrachten Halbwinkeltechnik nach CIESZYNSKI (3) verfahren, weil der Filmhalter in distalen Kieferbereichen durch die Mundwinkelspannung leichter herausgedrückt werden kann und weil hier durch den eingebrachten Halter eher Würgereflexe auftreten.
Der spezielle Halter für die Aufnahmen der Weisheitszähne (STEGLICH (51)) hat sich nicht durchsetzen können.
Der große Fokus-Filmabstand bei der Rechtwinkeltechnik zieht eine Verlängerung der Belichtungszeit nach sich. Das ist prinzipiell ein Nachteil. Um die Belichtungszeit möglichst niedrig zu halten, wurde der doppelt empfindliche Super-Dozahn-Film benutzt. Die normalen Belichtungsdaten für intraorale Zahnröntgenaufnahmen sind für diesen Film von der Herstellerfirma mit 0,1 - 0,6 Sekunden angegeben.
Für die nachfolgenden Versuchsreihen bewegen sich die Belichtungswerte zwischen 0,1 und 0,5 Sekunden.
Selbst der Zeigerstand 0,o Sek. ergab eine Septumab-

zeichnung auf dem hochempfindlichen Film. (Zeigerstand 0,o Sek. bedeutet laut Firmenangabe eine Röhrenanheizzeit von etwa 0,3 Sek. Dauer!)
Lediglich im distalen unteren Molarenbereich wurde der Spitztubus des Röntgengerätes dicht an das Aufnahmeobjekt herangeführt. So kommen die verhältnismäßig niedrigen Belichtungsdaten in diesem Kieferbereich zustande.

3. Versuchsreihen zur genauen röntgenologischen Darstellung des Limbus alveolaris.

a) Frontzahnbereich im Oberkiefer.

Für den Oberkiefer wurden Belichtungszeiten von 0,3 - 0,2 - 0,1 Sekunden angewandt.
Ein Beispiel zeigt die Abb.10



0,3 0,2 0,1

Abb.10 Vergleichsbilder der oberen Frontzähne mit abnehmender Belichtungszeit von 0,3 - 0,1 Sekunden.

Die drei Bilder zeigen dieselbe Frontzahnpartie von 2/ bis /2 bei abnehmender Belichtungszeit von 0,3 - 0,1 Sek. Auf der linken Aufnahme markieren die Pfeile auffällige Überstrahlungseffekte:

1. am Interdentalseptum
2. am cervikalen Wurzelteil
3. an der Schneidekante

Man ist geneigt, hochgradigen Höhenabbau sowie Approximalkaries bei /2 aus dem Bild zu deuten.
Die rechte Aufnahme (0,1 Sek.) sagt mehr aus:

Die Spitze des Interdentalseptums ist sichtbar.

Zwischen der Wurzelzeichnung von 1/ und der Septumspitze zeigt sich eine tütenförmige Aufhellung, die auf Seitenabbau in diesem Bereich hindeutet.
Auffällig sind fernerhin die scharfe Zeichnung der inzisal auslaufenden Schmelzpartien der Zahnkronen und die integren Zahnhalsstrukturen. Die röntgenologische Fehldiagnose Approximalkaries ist durch Unterbelichtung weitgehend ausgeschlossen. (MÜHLHARDT (37))

Man kann also aus der unterbelichteten Aufnahme (0,1 Sek.) auf Höhenabbau und Seitenabbau im Interdentalbereich schließen.
Schlecht dargestellt sind der dichte Knochen in der Wurzelspitzengegend sowie die vestibulären und oralen Limbusanteile. (s.weiße Pfeile)
Im Sinne der obengenannten Fragestellung ist die Wurzelspitze jedoch unwichtig.
Die vestibulär und oral gelegenen Limbusanteile sind in der mit 0,1 Sek. belichteten Aufnahme nicht genau abgezeichnet, weil die Schattensummation von Wurzelzeichnung + Knochenstruktur gegenüber der reinen Wurzelzeichnung bei geringer Strahlenmenge keinen ausreichenden Kontrast gibt.

Es wird daher empfohlen, 0,1 oder 0,2 Sekunden Belichtungszeit zu wählen, je nachdem, ob man mit geringerer oder größerer Dicke bzw. Dichte des Alveolarknochens der Oberkieferfrontzähne zu rechnen hat.

b) Frontzahnbereich im Unterkiefer.

Im Unterkiefer ergeben 0,3 Sek. Belichtungszeit bei Anwendung des Super-Dozahn-Filmes völlig überbelichtete Bilder. Die Belichtungsdaten für die Versuchsreihe mußten daher lauten: 0,2 - 0,1 - 0,0 Sekunden; wobei der Zeigerstand 0,0 laut Firmenangabe schon einer Röhrenanheizzeit von 0,3 Sek. entspricht.
Die Abb.11 zeigt einen unteren Frontzahnabschnitt, bei dem an der Labialseite der Zähne $\overline{321}$/ jeweils distal und mesial ein Guttaperchastift so weit wie möglich eingeführt wurde. Nach inzisal besteht mit dem Zahnfleischrand ein Abschluß.

0,2 0,1 0,0

Abb.11 Vergleichsbilder der unteren Frontzahnpartie mit abnehmenden Belichtungsdaten von 0,2 bis 0,0 Sek. (Zeigerstand!)

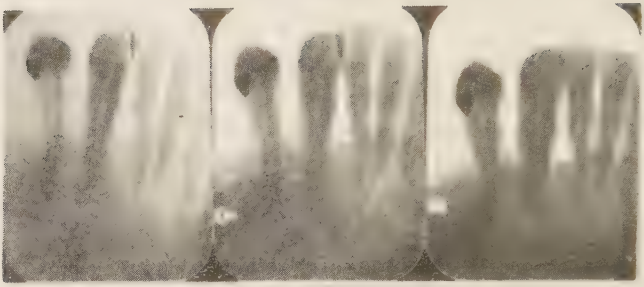
Während dieser Stift mesial von 2/ auf der linken Aufnahme frei in der Zahnfleischtasche zu stecken scheint, zeigt die Spitze in der unterbelichteten Aufnahme (0,0) auf Knochenstrukturierung.
Vergleicht man die Röntgenbilder der unteren und oberen Frontzahnpartie miteinander, so ist die scharfe Abzeichnung der Approximalflächen der unteren Schneidezähne - auch bei den langer belichteten Bildern - besonders

auffällig. Das liegt daran, daß die Abzeichnungsflächen im Unterkieferfrontzahngebiet größer sind als im Oberkiefer.

Auch im Unterkiefer empfiehlt es sich, zur Darstellung der feinsten Knochenstrukturen am Limbus alveolaris der Frontzähne zwei Aufnahmen derselben Kieferpartie zu machen:

Mit 0,o Zeigerstand (= 0,3 Sek. Anheizzeit der Röhre) werden die interdentalen Knochenlamellen röntgenologisch am besten dargestellt, während 0,1 Sek. Belichtungsdauer benötigt werden, um die vestibulären und oralen Limbusanteile einigermaßen hinreichend zu erfassen. (s. die Abzeichnung des oralen Limbus alveolaris über der Wurzelzeichnung von $\overline{1/}$ in der Abb.11)

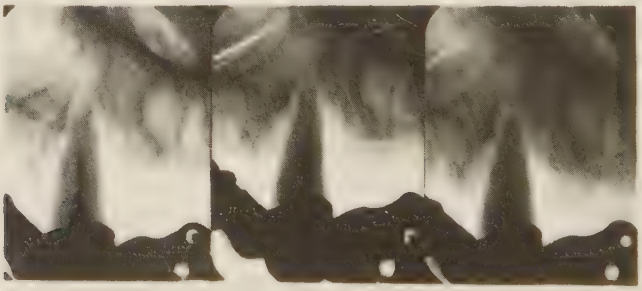
Die Eckzähne und die angrenzenden limbalen Knochenpartien sind röntgenologisch schwerer zu erfassen als die übrigen Frontzähne, da sie in beiden Kieferhälften im Bereich der stärksten Zahnbogenkrümmung liegen. Außerdem werden zuweilen die Wurzelspitzen auf dem Röntgenbild "abgeschnitten". Die parodontalen Knochenanteile sind meist stärker als bei den anderen Frontzähnen, daher sind auch geringfügig längere Belichtungsdaten zur Darstellung des betreffenden Limbus alveolaris zu wählen.
Während die unteren Eckzähne mit den limbalen Knochenlamellen auch bei 0,1 Sek. Belichtungszeit gut darstellbar sind, muß man für die stärkere Knochenstrukturierung im Gebiet der oberen Eckzähne meistens 0,2 Sekunden belichten.



0,3 0,2 0,1

Abb.12 Darstellung der unteren Eckzahnpartie mit abnehmenden Belichtungsdaten von 0,3 bis 0,1 Sek.

Bei der Abb.12 wie auch bei der nächstfolgenden Versuchsreihe ist es auffällig, daß der filmferne, vestibuläre Knochenrand erst auf der rechten Aufnahme (0,1) deutlich dargestellt ist.
Wie alle unterbelichteten Röntgenaufnahmen bisher zeigten, verliert allerdings die Knochenzeichnung in der dichteren apikalen Region mit abnehmendem MAS-Wert an Brillanz: "Was an Septumzeichnung gewonnen wird, geht an Strukturzeichnung verloren!" (HIELSCHER (28))



0,3 0,2 0,1

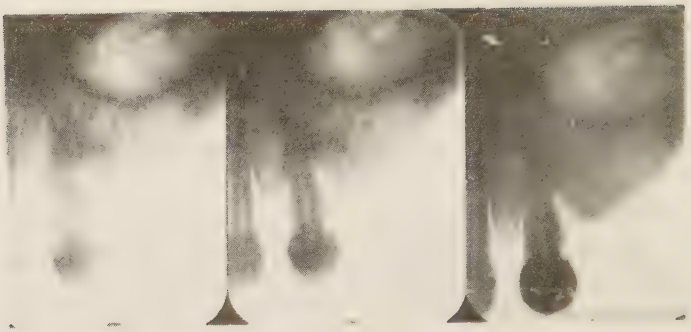
Abb.13 Darstellung der oberen Eckzahnpartie mit abnehmenden Belichtungsdaten von 0,3 bis 0,1 Sek.

c) Prämolarenbereich im Oberkiefer.

Die günstigste Darstellung der limbalen Parien des Alveolarknochens gewinnt man in der Regel von den Prämolaren. Die Röntgenzeichnung der Schattensummation Wurzel+Knochen und die Abbildung der relativ großen Abzeichnungsflächen des vestibulo-oralen Septumdurchmessers unterscheiden sich in ihrer Intensität weniger als im Molaren- und Frontzahngebiet. Während im Frontzahnbereich die fein auslaufenden Interdentalsepten gegenüber der Wurzelzeichnung einen geringen Kontrast bieten, ist im Molarenbereich der Knochenschatten über den kompakten Wurzeln meist nicht mehr zu verfolgen.

Im Prämolarengebiet lassen sich aber interdentale und vestibulär bzw. oral vom Zahn gelegene Knochenstrukturen bei einer Belichtungszeit von 0,1 - 0,2 Sek. mit einer Aufnahme gut darstellen.
Die Abb.14 zeigt den linken, oberen ersten Prämolaren aufgenommen mit 0,4 - 0,3 - 0,2 Sek. Belichtungsdauer.

Der tütenförmige Seitenabbau ist besonders deutlich bei 0,2 Sek. dargestellt. Bei dieser Belichtung ist selbst die angrenzende Gingiva und die Wange (Mundwinkel-schräge Zeichnung!) auf dem Röntgenbild sichtbar.



0,4 0,3 0,2

Abb.14 Linker, oberer erster Prämolar; mit abnehmenden Belichtungszeiten von 0,4 bis 0,2 Sek. aufgenommen.

Der distale Defekt an der Zahnhartsubstanz erweist sich bei herabgesetzter Belichtungszeit nicht als optische Täuschung. Die Schemazeichnung Abb.15 zeigt den Gewinn an dargestellter Knochensubstanz in der unterbelichteten Aufnahme.

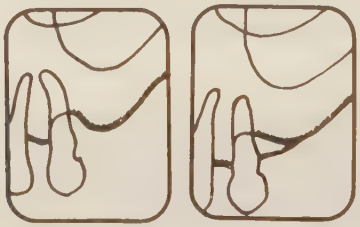
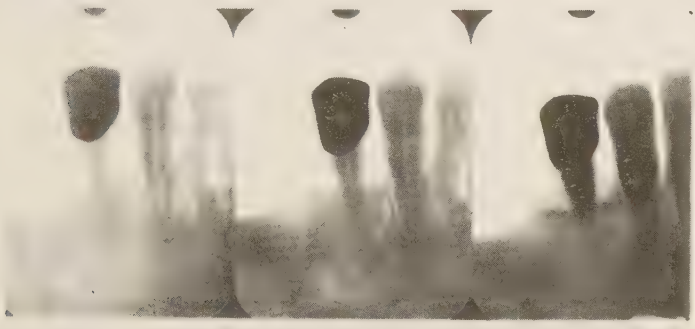


Abb.15

d) Prämolarenbereich im Unterkiefer.

Im Unterkiefer war eine gute Darstellung des Höhenabbaues am ersten Prämolaren bei 0,1 Sek. Belichtung zu erreichen.

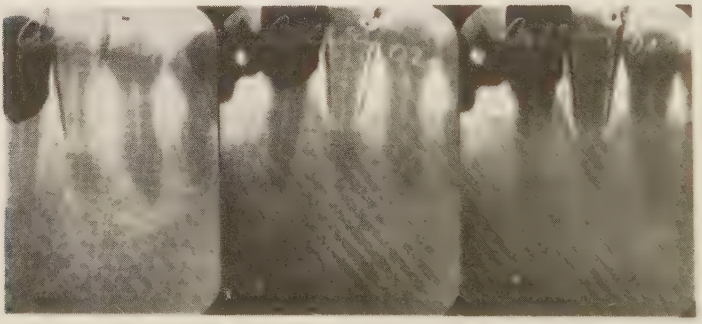


0,3 0,2 0,1

Abb.16 Rechter unterer erster Prämolar, aufgenommen mit abnehmenden Belichtungszeiten von 0,3 bis 0,1 Sek.

Auf dem 0,3 Sek. belichteten Film sieht man den Periodontalspalt als eine fast gleichmäßig um die Zahnwurzel verlaufende Transparenzlinie, welche nach cervikal die horizontale Knochenbegrenzung in annähernd rechtem Winkel trifft. In der unterbelichteten Aufnahme (0,1) kann man den Periodontalspalt jedoch bis zu einer weiter coronalwärts verlaufenden zweiten Knochenrandlinie verfolgen.
Erfahrungsgemäß wird die orale Septumlinie wegen der Filmnähe besser dargestellt als die vestibuläre. Ungleiche Knochendicke und-dichte der beiden Lamellen können aber auch zu röntgenologischen Irrtümern führen. Der Schluß, die sichtbar gemachte limbale Knochenbegrenzung in der unterbelichteten Aufnahme sei die vestibuläre, kann daher voreilig sein.

Um den lingualen Alveolarenrand vom bukkalen zu unterscheiden und gleichzeitig einen Eindruck der räumlichen Verhältnisse bei einem lokalen Seitenabbau zu bekommen, wurden bei dem Fall der Abb.17 Guttaperchastifte derart in die tütenförmigen Knochentaschen des seitlichen Zahnbereiches von /$\overline{4}$ eingebracht, daß die vestibulären und oral gelegenen Anteile des abgebauten Knochenbezirkes am Alveoleneingang lokalisiert werden konnten:
Die langen Stifte deuten den oralen Knochenabbau an.
Die kurzen vestibulären Points scheinen auf den überbelichteten Aufnahmen in (knochen)freiem Raum zu schweben, während die "unterbelichtete" Aufnahme den Sachverhalt erhellt:
Die röntgenpositiven Stiftchen stoßen mit ihrer Spitze auf die der normalen Aufnahme entgangenen zarten vestibulären Knochenlamellen.

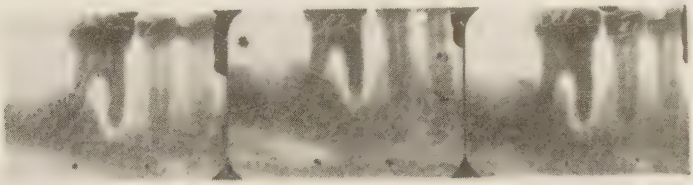


0,3 0,2 0,1

Abb.17 Seitenabbau am linken, unteren, ersten Prämolaren. Lange Stifte - oral; kurze Stifte - vestibulär.

e) Molarenbereich im Unterkiefer.

Im Molarenbereich ist die Darstellung des Limbus alveolaris in seiner Gesamtheit besonders schwierig. Das liegt vor allem daran, daß die vestibulären und oralen Limbusanteile im Röntgenschatten der massigen Zähne liegen. Ist der Knochenabbau allerdings sehr stark, so gelten vielfach noch die Belichtungswerte des Prämolarenbereiches; denn der Limbus alveolaris liegt dann schon nicht mehr im kompakten Molarenzahnhalsbereich, sondern um den nach apikal sich oftmals stark verjüngenden Wurzeln.

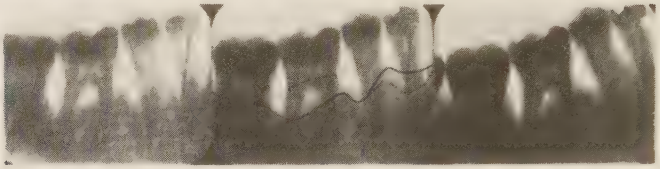


0,4 0,3 0,2

Abb.18 Starker Höhen- und Seitenabbau am ersten, rechten, unteren Molaren.

Die Abb.18 zeigt einen unteren Molaren mit ziemlich grazilen Wurzeln. Die distale Wurzel steckt zur Hälfte in einer Alveole mit röntgenologisch sichtbaren Periodontalspalt, während die mesiale Wurzel frei in der diffus erweiterten Alveole zu schweben scheint. Auch die unterbelichtete Aufnahme zeigt in der Wurzelbifurkation keine ausgeprägte interradikuläre Septumspitze, während um die mesiale Wurzel mehr Knochensubstanz sichtbar wird.
Ob dieser Knochen aber bis an die Wurzelhaut reicht oder ob es sich lediglich um die Projektion vestibulärer bzw. oraler Lamellen auf die Wurzelzeichnung handelt, ist der Aufnahme nicht zu entnehmen.
Besonders HARNDT (13) und FRÖHLICH (9) wiesen auf solche Schwierigkeiten hin und empfahlen die klinische Sondie-

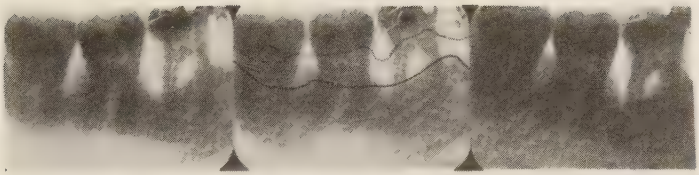
rung oder nach WLSKI (55) die Einführung von Guttaperchastiften vor Anfertigung der Röntgenaufnahme.



0,3 0,2 0,1

Abb.19 Die röntg. Septumdarstellung im Prämolaren- und Molarengebiet.
Die punktierte Linie bezeichnet den bukkalen, die durchgezogene Linie den oralen Limbus alv. (Interdental werden durch die Linien die entsprechenden Kanten des Septumplateaus markiert.)

Aus der Abb.19 geht hervor, daß der vestibuläre und orale sowie der seitliche Limbus der Prämolaren auch bei niedrigsten Belichtungsdaten ausreichend abgebildet werden. Die Molaren sind hierbei in den marginalen Bereichen nicht hinreichend dargestellt. Die Spitzen der bukkal eingeführten Guttaperchastifte sollen den vestibulären Alveolarrand markieren. Dieser ist bei den unterbelichteten Bildern nur interdental sichtbar, über den Molaren aber schlecht abgezeichnet, während die Schattensummation Knochenlamelle + Zahnhartsubstanz bei den Prämolaren gut mit der Zahnwurzelzeichnung kontrastiert.
Die Abb.20 zeigt den weiter distal liegenden Kieferbereich der Abb.19, also $\overline{876}$/. Diese Aufnahmen wurden nach CIESZYINSKI (3) hergestellt, wobei der Spitztubus dicht an das Objekt herangeführt wurde. Dadurch werden zwar die Zähne etwas vergrößert dargestellt, doch kommt man mit Belichtungszeiten von 0,3 - 0,1 Sekunden aus.



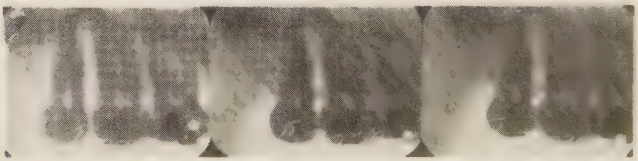
0,3 0,2 0,1

Abb.20 Rechte untere Molarenpartie. Die Spitzen der bukkal in die Zahnfleischtaschen eingeführten Guttaperchastifte markieren den vestibulären Alveolarrand (punktierte Linie)

Die Abb.20 demonstriert recht deutlich die Grenzen der röntgenologischen Darstellbarkeit der limbalen Knochenpartien auch im unterbelichteten Röntgenbild!
Bei 0,1 Sek. Belichtungszeit erscheinen die Zahnhartsubstanzen und die vestibulär und oral gelegenen Knochenstrukturen verwaschen. Die bukkal und seitlich eines jeden Zahnes eingeführten Guttaperchastifte sind über den massigen Kronen kaum noch erkennbar.
Doch auch die Darstellung der Septumknochenlamellen ist unbefriedigend. Ist das Septum massiv, dann kann man - wie hier zwischen $\overline{7/}$ und $\overline{8/}$ - noch einen oralen und einen vestibulären Rand erkennen. Ist aber das Interdentalseptum etwa durch einen Seitenabbau geschwächt - tütenförmiger Knochendefekt im Interdentalraum von $\overline{6/}$ und $\overline{7/}$ an der distalen Wurzel des Sechsjahrmolaren in der Abb.20 - so wird zumindest der dünne, filmferne, vestibuläre Knochenrand schlecht im Röntgenbild dargestellt.

f) Molarenbereich im Oberkiefer.

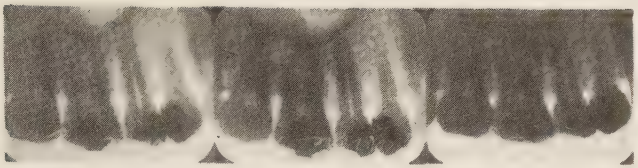
Für die apikale Einstellung werden im oberen Molarenbereich bei den sogenannten Aufnahmevoraussetzungen normalerweise 0,4 - 0,5 Sek. Belichtungszeit benötigt.
Wie die folgenden Abbildungen zeigen werden, genügen zur Abzeichnung der limbalen Knochenanteile bei der "marginalen" Einstellung des Röntgenzentralstrahles 0,3 - 0,2 Sek. Belichtungszeit.
Zwar werden auch im Oberkiefer bei den niedrigen Belichtungswerten nur die Interdentalsepten einigermaßen hinreichend abgebildet, während die vestibulären und oralen Knochenlamellen in der intensiven Zahnzeichnung untergehen.



0,5 0,3 0,2

Abb.21 Rechte obere Molarenpartie mit abnehmenden Belichtungszeiten aufgenommen.

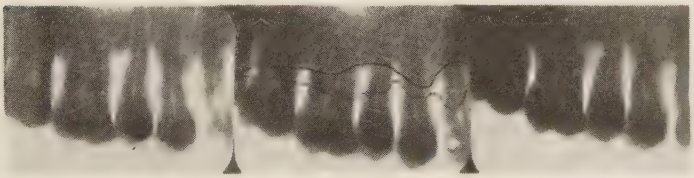
In der Aufnahmeserie der Abb.21 ist es auf allen drei Bildern recht gut gelungen, den Röntgenzentralstrahl entlang der Fläche des Interdentalseptums von 87/ zu führen. Das Septum kommt auf der unterbelichteten Aufnahme (0,2) gut zur Darstellung, während die entsprechende Knochenstruktur zwischen 7/ und 6/ nicht diagnostizierbar abgebildet ist. Die röntgenologische Darstellung des weiter medial gelegenen Kieferabschnittes des gleichen Patienten zeigt, daß auch das Interdentalseptum von 76/ durch leicht mesial-exzentrische Strahlenführung "freiprojiziert" und durch niedrige Belichtungszeit dargestellt werden kann.



0,4 0,3 0,2

Abb.22 Der weiter mesial gelegene Kieferabschnitt der gleichen Molarenpartie aus Abb.21

Wie schwierig es ist, die Knochenstrukturen an der Margo alveolaris bei Prämolaren und Molaren auf einem Bild gleichermaßen gut darzustellen, demonstriert die Abb.23



0,4 0,3 0,2

Abb.23 Übergang vom Molaren- zum Prämolarenbereich.
(durchgezogene Linie = oraler Limbus;
punktierte Linie = vestibulärer Limbus;
bzw.interdental die entsprechenden Kanten des Septumplateaus.)

Der Belichtungswert 0,3 Sek., der für die Abzeichnung der interdentalen, vestibulären und oralen Limbusbereiche der Molaren eine vertretbare Kompromißlösung darstellt, bedeutet für die Prämolaren schon Überbelichtung an der Margo alveolaris.
Es erscheint daher ratsam, die einzelnen Kieferbereiche mit unterschiedlicher Knochendichte und Wurzeldicke immer getrennt voneinander aufzunehmen.

Im Molarenbereich beider Kiefer zwingen schon die topographischen Gegebenheiten zu möglichst flacher Projektion. Es sind die kompakten Knochenteile in der Gegend der Linea obliqua, der Linea mylohyoidea und des Jochbeines, die die parodontalen Anteile durch Schattensummation überdecken können.
Bei zu steiler Projektion können außerdem Verzeichnungen am Limbus alveolaris auftreten:

Da die filmfernen Bezirke im Strahlengang mehr wandern als die filmnahen, werden die bukkalen Anteile des Alveolarknochens mehr nach coronal abgezeichnet.
Da aber die vestibulären Knochenlamellen vor allem im Oberkiefer sehr dünn sind, werden sie in den normalbelichteten Aufnahmen oft überstrahlt und kommen nicht zur Darstellung. Es wird ein vestibulärer Knochenabbau (Stufe oder Treppe) vorgetäuscht.
Umgekehrt kann bei zu steiler Projektion und Unterbelichtung auch eine dünne Knochenlamelle dargestellt werden; sie erscheint dann aber zu weit nach coronal, so daß ein tatsächlicher Knochenabbau verschleiert werden kann.
Ein Beispiel für solch eine Täuschungsmöglichkeit soll mit der Abb.24 gezeigt werden.

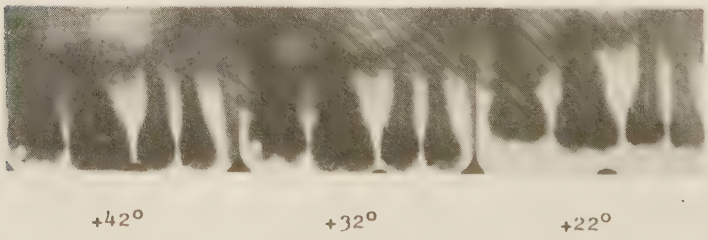


Abb.24 Oberer Seitenzahnbereich.
Projektivische Verzeichnung der vestibulären Knochenlamelle bei Unterbelichtung an der Margo alveolaris (0,2 Sek.)

Die Abb.25 zeigt schematisch die große Niveaudifferenz des vestibulären und oralen Septumrandes bei zu steiler Projektion (+42°) und Unterbelichtung (0,2 Sek.).

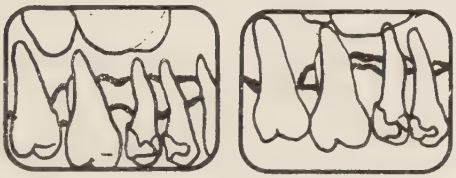


Abb.25

+42 +22

Man kann dies aber nicht als einen Nachteil der Methode ansehen, sondern lediglich als einen Fehler in der Einstellung des Röntgenzentralstrahles.

4. Belichtungstechnische Empfehlungen.

Nachdem alle Zahnpartien in Röntgenvergleichsbildern mit unterschiedlichen Belichtungsdaten untersucht und abgehandelt wurden, soll ein vollständiger Parodontalstatus, wie ihn die tägliche Praxis erfordert, durchgeführt werden.

Zuvor sollen in einem Schema die Belichtungswerte aufgezeigt werden. wie sie für die in dieser Arbeit benutzten Zahnfilme "Super-Dozahn" von der Herstellerfirma vorgeschlagen werden.

Diesen Werten gegenübergestellt seien die Daten, die sich für die "marginale Unterbelichtung" aus den Versuchsreihen dieser Arbeit ergeben.

OBERKIEFER	10mA	5mA	7mA
Schneidezähne	0,1-0,2	0,3-0,4	0,3
Eckzähne und Prämolaren	0,2-0,3	0,4-0,5	0,3-0,4
Molaren	0,3-0,4	0,5-0,6	0,4-0,5
UNTERKIEFER			
Schneidezähne	0,1-0,2	0,3-0,4	0,1
Eckzähne und Prämolaren	0,1-0,2	0,3-0,4	0,3
Molaren	0,3-0,4	0,4-0,5	0,4 (0,1-0,2)

Die Daten unter 7mA (Heliodent) geben die Belichtungszeiten bei der Rechtwinkelmethode mit Filmhalter an.

Der Klammerwert für die unteren Molaren gilt für die verkürzte Fokus-Objekt-Entfernung bei der Halbwinkelmethode, die für diese Zahnpartie angezeigt ist.

"MARGINALE UNTERBELICHTUNG"

OBERKIEFER

Schneidezähne	0,1	0,o-0,1 ')
Eckzähne	0,1-0,2	0,1
Prämolaren	0,1-0,2	0,1-0,2
Molaren	0,2-0,3	0,2-0,3

Der auf der folgenden Seite abgebildete Parodontalstatus wurde mit folgenden Belichtungszeiten aufgenommen.

0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,1	0,o ')	0,1	0,2	0,2

Im ganzen wurde der Patient der Röntgenstrahlung nur 2,3 Skunden ausgesetzt.

Für einen üblichen Status braucht der

Super - Dozahn	das Doppelte,
der normale Zahnfilm	das Dreifache-Vierfache

an Belichtungsdauer.
Das heißt:
Der Vorteil genauerer Bilder wird mit dem Vorteil geringerer Röntgenbelastung erhalten.

') 0,o bedeutet 0,3 Sek.Röhrenanheizzeit.

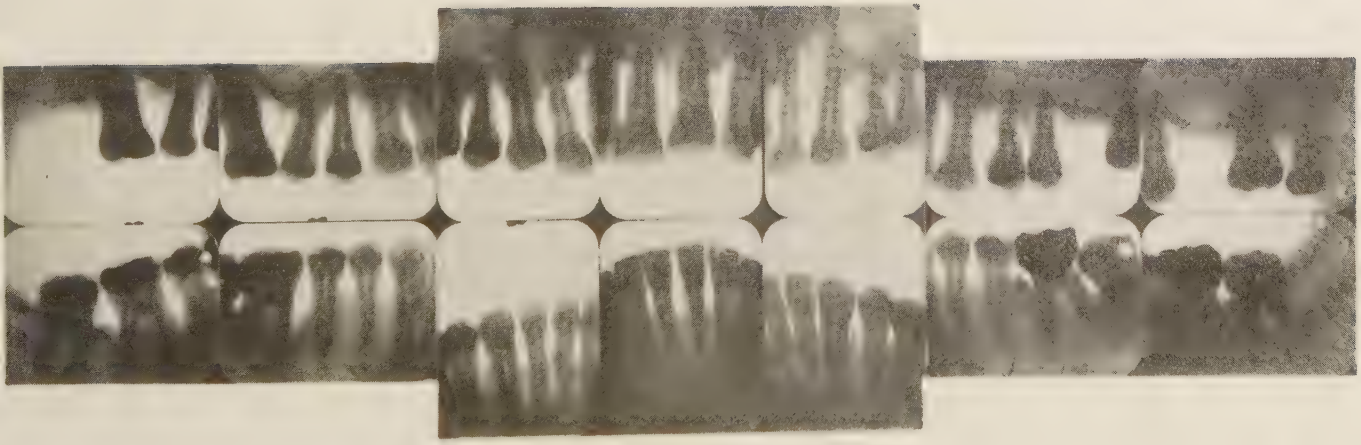


Abb. 20 Parodontalstatus aufgenommen unter den Bedingungen der "marginalen Unterbelichtung". Gesamte Strahlungsdauer 2,3 Sekunden!

III. DISKUSSION DER ERGEBNISSE.

Bei der Durchsicht der gezeigten Röntgenbilder stellt man fest, daß die Unterbelichtung an der Margo alveolaris nicht generell bessere Bildergebnisse zeigt.
Die anatomischen Gegebenheiten am Alveolarkamm setzen einer exakten Wiedergabe der Objektdetails im Röntgenbild Grenzen.
Speziell der Limbus alveolaris der distalen Molarenbereiche im Oberkiefer und Unterkiefer wird auch mit der vorgeschlagenen Methode nicht in idealer Weise dargestellt.
Die vestibulär-oralen Limbusanteile in diesem Kieferbereich können wegen Überlagerung der kompakten Zahnmassen nicht ausreichend abgebildet werden. Gibt man so viel Röntgenstrahlendosis, daß sich "ein Limbus" über der Zahnzeichnung markiert, so ist diese Strahlenmenge für die interdentalen Partien dann meistens schon zu groß.
Es müßten mithin zur Verdeutlichung der Strukturierung des Limbus alveolaris im Molarenbereich zwei Aufnahmen angefertigt werden: eine unterbelichtete Aufnahme für die interdentalen, eine stärker belichtete Aufnahme für die oralen und vestibulären Anteile.
Ob der "röntgenologische Limbus" noch dazu nicht nur eine Täuschung ist, wie FRÖHLICH (11) demonstrierte (s.S.20), wird erst die Guttaperchastiftsondierung (WESKI (55)) aufzeigen.
Der Limbus alveolaris bei den unteren und oberen Molaren wird auch weiterhin schwierig darzustellen sein. Man wird sich darauf beschränken müssen, die perspektivische und projektivische Aufnahmesituation so günstig wie möglich zu gestalten. Parallelstellen der Filmebene zur Zahnachse ist hierfür maßgebend. Im Oberkiefer wird das am besten durch den Filmhalter der Rechtswinkelmethode nach HIELSCHER (26) erreicht.

Im Unterkiefer halte der Patient den Film im Weisheitszahngebiet mit dem Finger von oral gegen den Zahn. Die Mundwinkelspannung, die an dem nach distal gedrückten Filmhalter angreift, fällt dadurch weg; ebenso werden die häufig auftretenden Würgereize (durch den Fortfall des zusätzlichen Fremdkörpers) beschränkt.
Da im unteren Weisheitszahngebiet also besser ohne Filmhalter gearbeitet wird, kann man mit dem Röntgentubus bis dicht an das Aufnahmeobjekt herangehen, wodurch sich die Belichtungszeit natürlich noch verkürzen läßt.
Dieser Vorteil, der der Halbwinkeltechnik ja ohnehin eigen ist, wird bei Anwendung des Filmhalters (mit vergrößertem Fokus-Objekt und Objekt-Film-Abstand) durch den Gebrauch hochempfindlicher Filme kompensiert.

Außer bei den Molaren sind aber in allen anderen Zahnbereichen durch die Unterbelichtung an der Margo alveolaris erheblich günstigere Aufnahmeergebnisse des Limbus alveolaris zu erzielen.
Bei den Frontzähnen werden die hohen, spitzen Interdentalsepten sowohl im Unterkiefer als auch im Oberkiefer gut dargestellt. Die pathologisch veränderten, "ausgefransten" Septumkuppen lassen sich nur durch Herabsetzung der Belichtungswerte sichtbar machen.
Die ungünstigen Auswirkungen des Zahnhalstransparentbandes, - Überstrahlung der interdentalen Partien: Verdacht auf Approximalkaries, unvollkommene Darstellung der Septumkuppe - die sich bei den im Querschnitt mehr runden Oberkieferfrontzähnen eher zeigen als bei den im Querschnitt länglich-ovalen Unterkieferfrontzähnen, fallen bei dieser Aufnahmemethode fort.
Die Darstellbarkeit feinster Interdentalsepten im Frontzahnbereich bei Anwendung extrem niedriger Belichtungswerte läßt aber die vestibulären und oralen Limbusanteile im Zahnschatten vielfach untergehen. Man wähle daher vertretbare Mittelwerte, die etwa der Hälfte der normalen Belichtungswerte entsprechen.

Im Prämolarenbereich erzielt man, - wie die Abbildungen zeigen,- hervorragende Ergebnisse.
Die Röntgenzeichnung der Schattensummation Knochen + Wurzel und die Abbildung der relativ großen Abzeichnungsflächen des vestibulär-oralen Septumdurchmessers unterscheiden sich in ihrer Intensität weniger als im Molaren- und Frontzahnbereich. Im Prämolarengebiet lassen sich interdental und vestibulär bzw. oral vom Zahn gelegene Knochenstrukturen mit einer Aufnahme gut darstellen.
Ähnliches gilt auch für den Eckzahnbereich sowohl im Oberkiefer wie im Unterkiefer. Hier liegen die Schwierigkeiten wieder vielmehr in der anatomischen Gegebenheit: die größte Krümmung des Zahnbogens und damit die besondere Enge des Gaumengewölbes bereiten der Parallelstellung des Filmes zum Eckzahn besondere Schwierigkeiten. Wenn bei diesem Bemühen die Wurzelspitze vom Röntgenbild"abgeschnitten" wird, so hat das für die Diagnose einer Schädigung des marginalen Parodontiums wenig Nachteiliges.
Der Eckzahn hat im Oberkiefer wie im Unterkiefer von den einwurzeligen Zähnen ohnehin das kräftigste Parodontium und profunde Destruktionen wird man an diesem Zahn weniger häufig als bei den übrigen Frontzähnen entdecken können. Während HIELSCHER (26) für seine Rechtwinkeltechnik in diesem Bereich - wie überhaupt bei flachen Gaumen - zur Darstellung der apikalen Region eine etwas steilere Projektion vorschlägt, ist solches für die marginalen Partien ja nicht notwendig.

Vor Anfertigung einer Röntgenaufnahme wird man fragen müssen:
Interessiert das apikale oder das marginale Parodontium?
Wird von einem Facharzt ein Röntgenstatus des gesamten Restgebisses angefordert, um etwa röntgenologische Anhaltspunkte für eine Fokalinfektion zu erhalten, so muß eben "normal" belichtet und der Zentralstrahl auf die Zahnapices gerichtet werden.

Soll die Erhaltungswürdigkeit eventuell marginal-parodontal geschädigter Zahnpartien untersucht werden, so interessiert die evtl. degenerativ beziehungsweise entzündlich abgeänderte Knochenstruktur der limbalen Anteile des Parodontiums. Es ist dann das Augenmerk vorzüglich auf die Margo alveolaris zu richten.
Zu solcher Diagnostik brauchbare Röntgenbilder sind mit niedrigeren Belichtungsdaten auszuführen. Es werden bessere Bildergebnisse erzielt, außerdem ist wegen der geringeren Röntgenbelastung der etwaige Behandlungserfolg nach kurzer Zeitspanne mit einem erneuten unterbelichteten Parodontalstatus zu kontrollieren.
Das von Paatero (39) in neuerer Zeit propagierte Pantomogramm sowie Panoramaaufnahmen der Kiefer nach Ott (38) sind nach Degener (6) als Status nur bedingt verwendbar. Zwar ist die Röntgenbelastung der Patienten sehr gering, aber die Feinstrukturzeichnung und damit die Detailerkennbarkeit ist sehr mangelhaft.

IV. ZUSAMMENFASSUNG.

Ausgehend von der Forderung, daß ein Untersuchungsverfahren dem zu untersuchenden Objekt unbedingt angepaßt sein muß, wurden in dieser Arbeit Röntgenbilder hergestellt, die die limbalen Partien des Alveolarknochens durch korrekte Einstellungen und zweckentsprechende Belichtungen in allen Zahnbereichen möglichst genau und lagegetreu erfassen.

Nach einer kurzen Beschreibung des röntgenologischen Erscheinungsbildes der degenerativen und entzündlichen Abänderungen am marginalen Parodontium folgte eine entsprechende Systematik der Abbauprozesse.

Es wurden die wichtigsten Bedingungen genannt, unter denen für die Diagnose und Therapie brauchbare Röntgenaufnahmen des marginalen Parodontiums entstehen. Die an der Berliner Klinik seit Jahren angewandte Rechtwinkelmethode nach HIELSCHER (26) erfüllt in perspektivischer und projektiviecher Hinsicht diese Forderungen. Nur im distalen, unteren Molarenbereich verfahre man nach CIESZYNSKI (3) (s.S.26).

Die im Speziellen Teil durchgeführten Versuchsreihen von Zahnröntgenaufnahmen mit herabgesetzten Schwärzungsgraden zeigen, daß es möglich ist, auch feinste Veränderungen des Knochens am marginalen Parodontium durch das Röntgenbild zu erfassen.

Im Frontzahn- und Prämolarenbereich wurden die interdentalen wie auch die vestibulären und oralen Partien gut dargestellt. Im Molarenbereich sind im Oberkiefer und im Unterkiefer wegen der großen Masse der Zähne nur die interdentalen Abschnitte genau zu beurteilen.

Es ergab sich, daß bei der Darstellung marginaler Partien im Frontzahn- und Prämolarenbereich nur die halben Belichtungswerte der sogenannten apikalen Einstellung ausreichen; im Molarengebiet werden zuweilen zwei Drittel der Normwerte benötigt.

Zum Abschluß konnte ein Parodontalstatus gezeigt werden, bei dem der Patient nur einer Strahlungseinwirkung von 2,3 Sekunden ausgesetzt war.
Unter diesen Bedingungen gewinnt natürlich die Röntgenkontrolle bei der Behandlung von Parodontopathien erheblich an Bedeutung.

V. LITERATURVERZEICHNIS.

1. Burger,R. Grenzen und Täuschungsmöglichkeiten der Röntgenuntersuchung marginaler Zahnbetterkrankungen. Diss. Tübingen 1954

2. Buchs,H. und Jung,T. Röntgenbild und Wirklichkeit. Eine Untersuchung an Zahnwurzeln. Dtsch.zahnärztl.Zschr.12,1209 (1957)

3. Cieszynski,A. Beiträge zur Technik bei Zahnaufnahmen mittels Röntgenstrahlen. Korr.für Zahnärzte 36,289 (1907)

4. Cieszynski,A. Genaue intrabuccale Röntgenaufnahmen der Zähne. Ref.Fortschritte II,283 (1926)

5. Cieszynski,A. Zahnärztliche Röntgenologie und klinische Zahnheilkunde im Röntgenbild. I, Leipzig 1926

6. Degener,P. Panorama-Röntgenmethoden in der Zahnheilkunde. Diss. Berlin 1962

7. Fischer,C.H. Das Röntgenbild in der konservierenden Zahnheilkunde. Dtsch.zahnärztl.Wschr.4,1526 (1949)

8. Fitzgerald,G.M. Dental Roentgenography II Vertical Angulation, Film Placement and increased Object-Film-Distance. J.A.D.A. 34, 3 (1947)

9. Fröhlich,E. Die röntgenologische Diagnose der marginalen Zahnbetterkrankungen und ihre klinische Auswertung. Deutscher Zahnärztekalender 1956 Carl Hanser Verlag München

10. Fröhlich,E. Die marginalen und profunden Zahnbetterkrankungen im Röntgenbild und die Grenzen ihrer Darstellbarkeit. Österr.Zschr.f.Stomat. 54, 121 (1957)

11. Fröhlich,E. Grenzen und Täuschungen bei der röntgenologischen Darstellbarkeit marginaler Zahnbetterkrankungen. Dtsch.zahnärztl.Zschr.11,6,225 (1956)

12. Gottlieb Die Schmutzpyorrhoe, Paradental- und Alveolarpyorrhoe. I, Berlin 1925

13. Harndt,E. Das Röntgenbild des Alveolarkammes. Dtsch.zahnärztl.Zschr.12,1035 (1957)

14. Harndt,E. Die Prinzipien konservativer und chirurgischer Behandlungsmethoden der marginalen progressiven Parodontitis. Dtsch.zahnärztl.Zschr.8,221 (1953)

15. Harndt,E. Differenzierung der marginalen Parodontitis (profunda) als Direktive für ihre Therapie und Prognose. Dtsch.zahnärztl.Zschr.11,593 (1956)

16. Harndt,E. Paradentitis und Paradentose. I, München 1950

17. Häupl,K. und Lang Marginale Paradentitis. I, Berlin 1927

18. Herzog,W. & Martin,F. Kritische Betrachtungen und Untersuchungen zur Parallelaufnahmetechnik bei intraoralen Röntgenbildern. Zahnärztl. Ref. 56, 412 (1955)

19. Heuser Zahnärztliche Röntgendiagnostik. Zahnärztliche Fortbildung, H. 8 I, Leipzig 1952

20. Hielscher,W. Das Parallelaufnahmeverfahren bei enoralen Zahnaufnahmen. Dtsch. zahnärztl.Zschr.10,601 (1955)

21. Hielscher,W. Das intraorale Röntgenbild oberer Molaren. Zahnärztl.Rdsch.65,267 (1956)

22. Hielscher,W. Die Einstellung der Rechtwinkeltechnik.
Zahnärztl. Rdsch. 64, 534 (1955)

23. Hielscher,W. Die praktische Nutzanwendung exakter dentalröngenologischer Untersuchungsverfahren.
Dtsch. zahnärztl. Zschr.15,347 (1960)

24. Hielscher,W. Ein Beitrag zur Terminologie und Systematik in der dentalen Röntgenologie.
Das Deutsche Zahnärzteblatt 12, 601 (1958)

25. Hielscher,W. köntgen- und Parallelaufnahmeverfahren leicht gemacht!
Zahnärztl. Rdsch. 63, 679 (1954)

26. Hielscher,W. Winkelhalbierungs- und Rechtwinkeltechnik.
Zahnärztliche Welt 9, 693 (1954)

27. Hielscher,W. Zur Interpretation intraoraler Zahnaufnahmen.
Deutscher Zahnärztekalender 1957
16, 163 (1957)

28. Hielscher,W. Persönliche Mitteilung.

29. Kantorowicz,A. Tagesfragen der chirurgischen, konservierenden und technischen Zahnheilkunde
Berlinische Verlagsanstalt 1929

30. Kempfle,B. Die Bedeutung der Belichtungszeit des Röntgenbildes anhand einiger Beispiele.
Dtsch.zahnärztl.Zschr.18,1963 H.21

31. LeMaster,C.A. A Modification of Technic for Radiographing Upper Molars.
J.A.D.A. 8, 328 (1921)

32. Mathis,H. Die sogenannte Parodontose. I, Wien 1948

33. Mathis,H. Über spezifisch zahnärztliche Maßnahmen bei Parodontopathien. Dtsch.zahnärztl.Zschr.13,1329 (1958)

34. Mathis-Hielscher Objektive Röngenologie bei Parodontopathien. Zahnärztliche Praxis 11, 241 (1960)

35. Mathis-Hielscher Einführung in die zahnärztliche Röntgenologie. Berlinische Verlagsanstalt Berlin-West 1962

36. Meyer,W. Röntgenologie. Die Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde. Bd.II,München-Berlin, 205 (1955)

37. Müller-Mühlhardt,J. Möglichkeiten und Grenzen in der röntgenologischen Darstellung der initialen Karies. Diss. Berlin 1959

38. Ott, W. Panorama-Röntgen. S.M.f.Z. 70:822 (1960)

39. Paatero,Y.V. A new tomographical method for radiographing curved outer surfaces. Acta Radiol. 32:177 (1949)

40. Parma,C. Die zahnärztliche Röntgendiagnostik. I, Wien 1929

41. Parma,C. Parodontopathien. Zahnärztliche Fortbildung H.13

42. Pordes Die radiographische Einstellung der einzelnen Zähne und Kiefer. I, Wien 1919

43. Pordes Die Periodontitis im Röntgenbild. Östrr.Ztschr.f.Stomat.18, 127 (1920)

44. Praeger,W. Beiträge zur Technik der zahnärztlichen Röntgenographie. Zahnärztl. Rdsch. 35 (1926)

45. Praeger,W. Einige Grenzen und Schwierigkeiten in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik. Zahnärztl. Rdsch. 35, 867 (1926)

46. Raper,H.P. Der Wert der Röntgenaufnahme in der konservierenden Zahnheilkunde. Dtsch. Med. Zschr. 916 (1931)

47. v.Reckow,J.F. Das marginale Parodontium und das Röntgenbild. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 7, 292 (1940)

48. v.Reckow,J.F. Die Lehren der Zahnröntgenaufnahme für die Praxis. Dtsch.zahnärztl.Zschr.10, 335 (1955)

49. Scherbel,H. Die vestibuläre intraorale Röntgenaufnahme. Zschr. f. Stomat. 28, 795 (1930)

50. Schulte,W. Das marginale Parodontium des Oberkiefers im Röntgenbild. Dtsch.zahnärztl.Zschr.12, 616 (1957)

51. Steglich,J. Über die röntenologische Objektivierung der Lagesituation anhand verschiedener Projektionen. Diss. Berlin 1958

52. Wannenmacher,E. Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde. I, Leipzig 1959

53. Weski,O. Das Paradentium. Vierteljahrsschrift f. Z.H.K. 37, 14 (1921)

54. Weski,O. Die praktische Bedeutung des zahnärztlichen Röntgenstatus. Zahnärztl. Rdsch. 29, 333 (1920)

55. Weski,O. Röntgenologisch-klinische Betrachtungen. Vierteljahrsschrift f.Z.H.K.37(1921)

Meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. med. H. Mathis danke ich für die Überlassung des Themas.

Herrn Privatdozent Dr. W. Hielscher bin ich für die stets hilfsbereite Beratung zu großem Dank verpflichtet.

Mein Dank gilt auch Herrn H. Weidemann für die Anfertigung der Photoarbeiten und Herrn P. Kusterer für die Zeichnungen in dieser Arbeit.

L e b e n s l a u f .

Am 2. September 1935 wurde ich, Hans-Jürgen Nottelmann, als Sohn des Zahnarztes Dr. Hans Nottelmann und seiner Ehefrau Elly Nottelmann geb. Thomas in Köln geboren.

Im Jahre 1942 fiel mein Vater. Nach 4 Grundschul- und 9 Oberschuljahren begann ich im Mai 1955 das Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Dort legte ich im Herbst 1957 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Mein zweites klinisches Semester begann ich an der Freien Universität Berlin im Frühjahr 1958 und bestand dort im August 1960 das Staatsexamen.